

(12) **UK Patent Application** (19) **GB** (11) **2 203 195 A** (13)
(43) Application published 12 Oct 1988

(21) Application No 8804722

(22) Date of filing 29 Feb 1988

(30) Priority data

(31) 3708989

(32) 19 Mar 1987

(33) DE

(71) Applicant
Festo KG

(Incorporated in FR Germany)

Rulter Strasse 82, 7300 Esslingen,
Federal Republic of Germany

(72) Inventors
Kurt Stoll

Esslingen, Germany

(74) Agent and/or Address for Service
Swindell & Pearson
48 Friar Gate, Derby, DE1 1GY

(51) INT CL⁴

F15B 15/22 15/26

(52) Domestic classification (Edition J):

F1P 10X 6B 6D 6X

U1S 1673 F1P

(56) Documents cited

None

(58) Field of search

F1P

Selected US specifications from IPC sub-class
F15B

(54) Circuit for operating a fluid-pressure driven piston

(57) The invention provides an operating device for a piston (11) running in a double-acting cylinder (10), whose piston rod (12) in the form of a tool or functional member is able to be brought into engagement with a workpiece (27) by being driven by pressure in chamber (14). Before the piston rod reaches the position of engagement on the work a position sensor (26) sends signal EO to electronic controller (24) which causes valve (23) to close so that chamber (15) must be drained through choke (21) which thus causes the piston to be retarded. A switch (28) detects the position of engagement by the change in pressure in at least one of the two cylinder chambers (13 and 14), and sends signal E1 which causes valve (23) to be opened again increasing the thrust on workpiece (27) so that welding etc can be performed.

After a preset time, controller (24) returns valves (20) and (23) to the position shown, whereupon the higher pressure produced by proportional regulating valve (19) over that of valve (18) causes the piston to be rapidly retracted to sensor (26) so that the whole cycle is repeated, up to a preset number of cycles.

In another embodiment, chamber (13) may be rapidly discharged through two chokes, or slowly through one. Further, controller (24) operates a fluid-pressure clamp, holding the rod for a predetermined time in the engagement position.

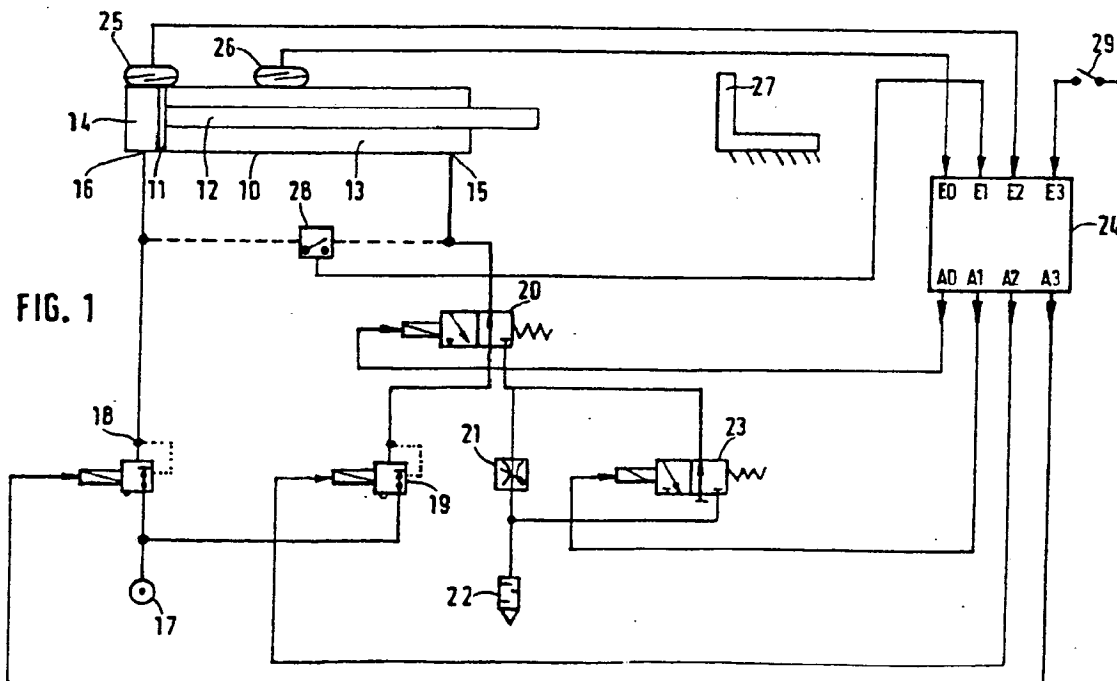


FIG. 1

GB 2 203 195 A

1/4

2203195

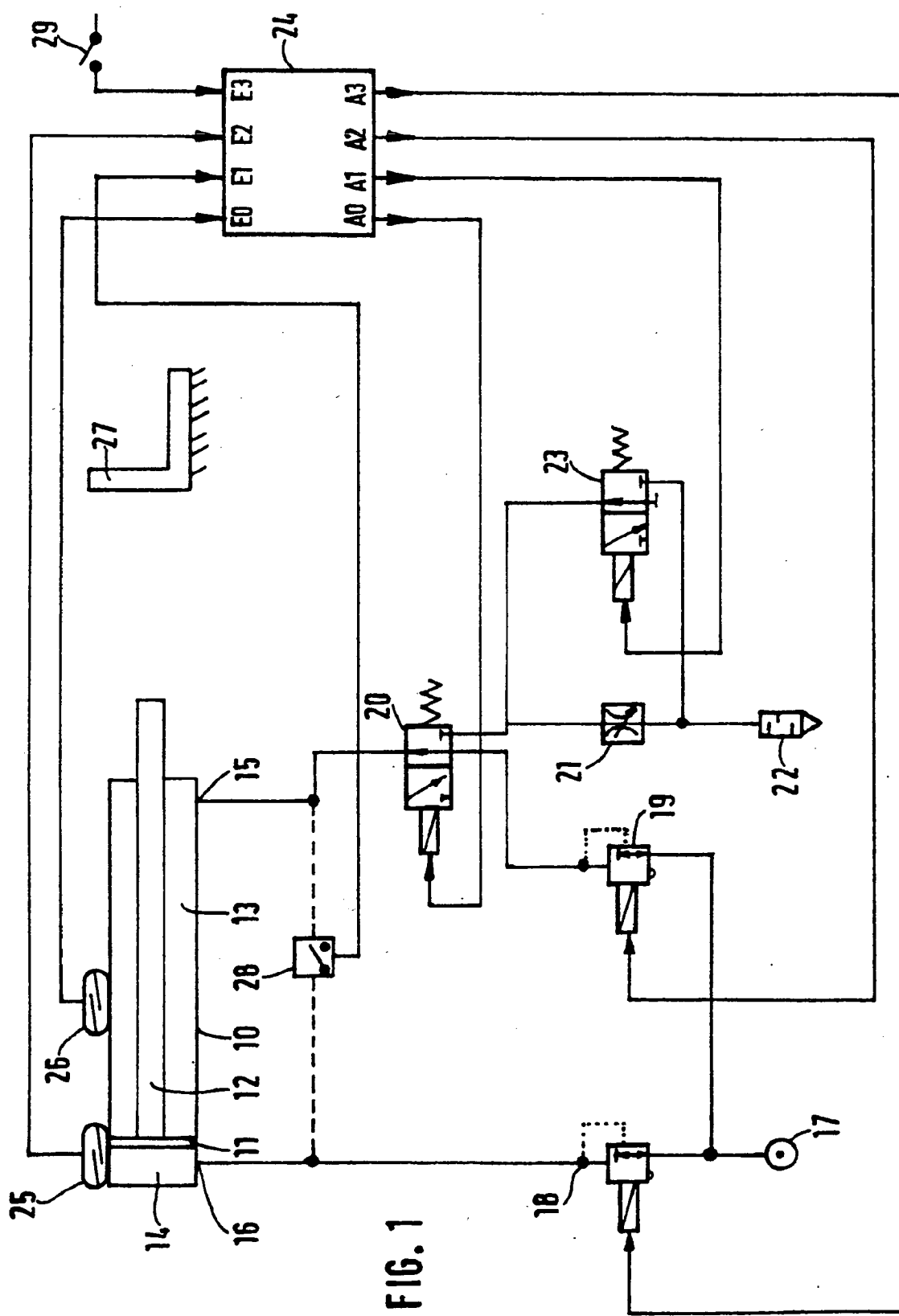


FIG. 1

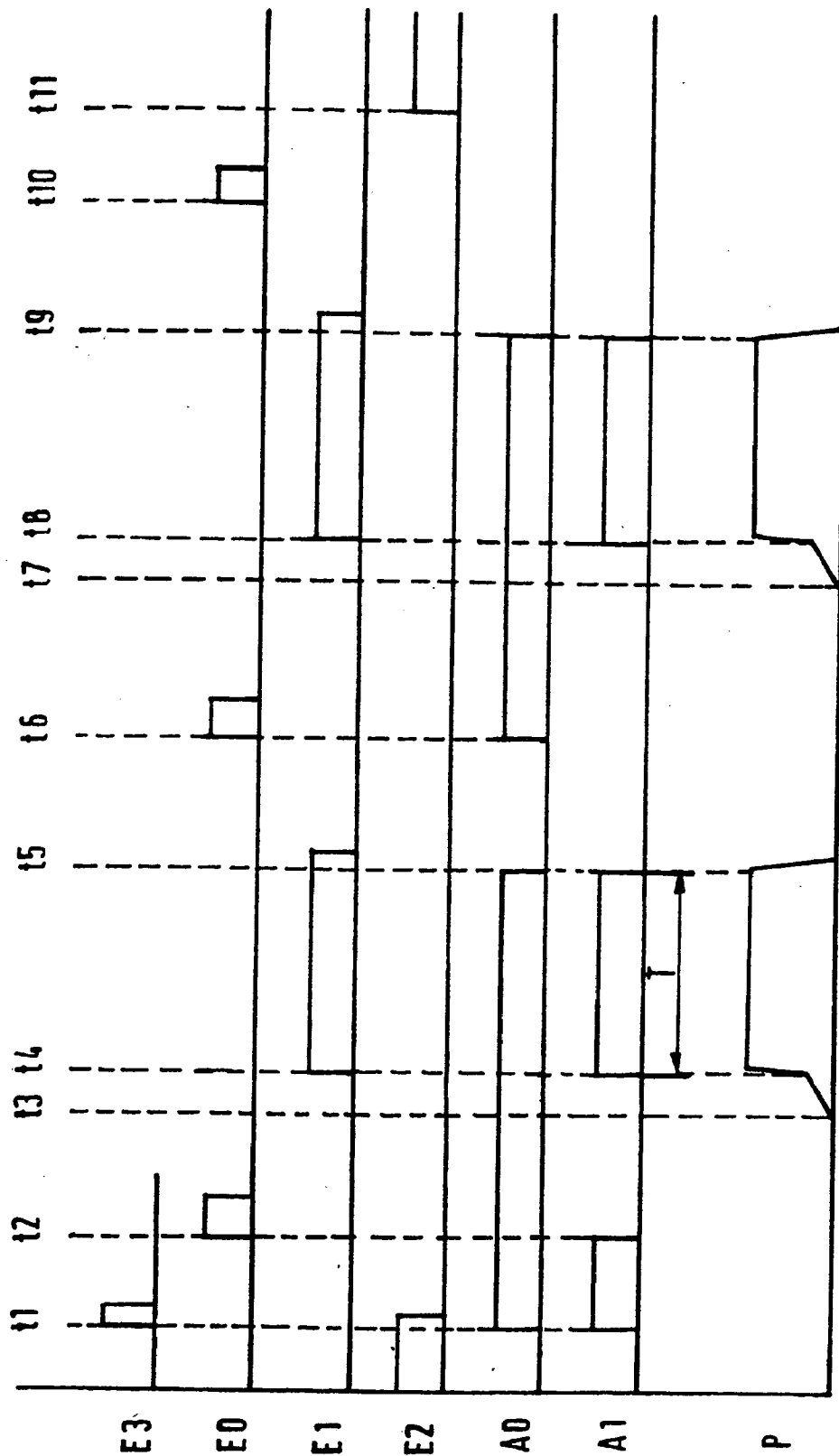


FIG. 2

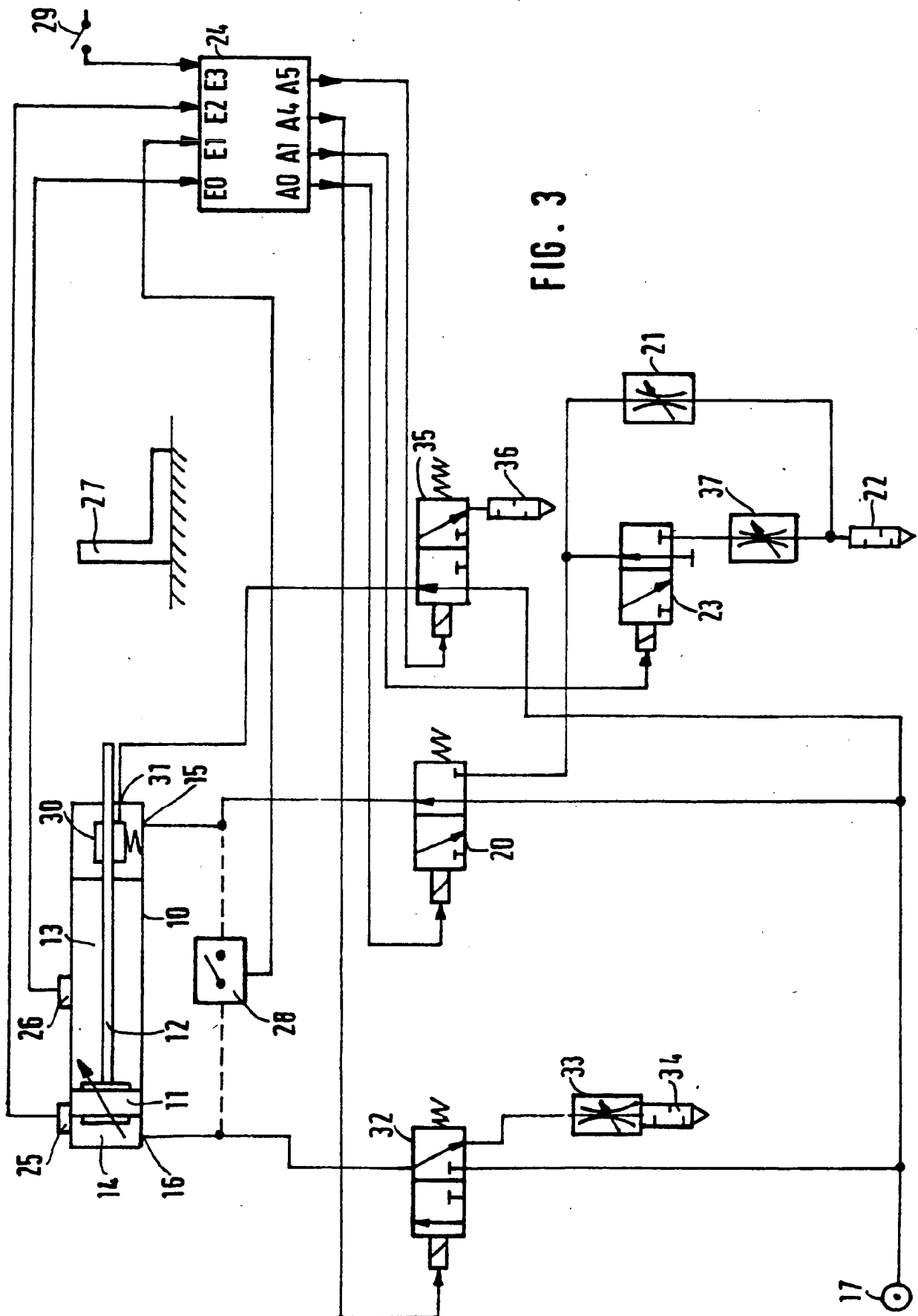


FIG. 3

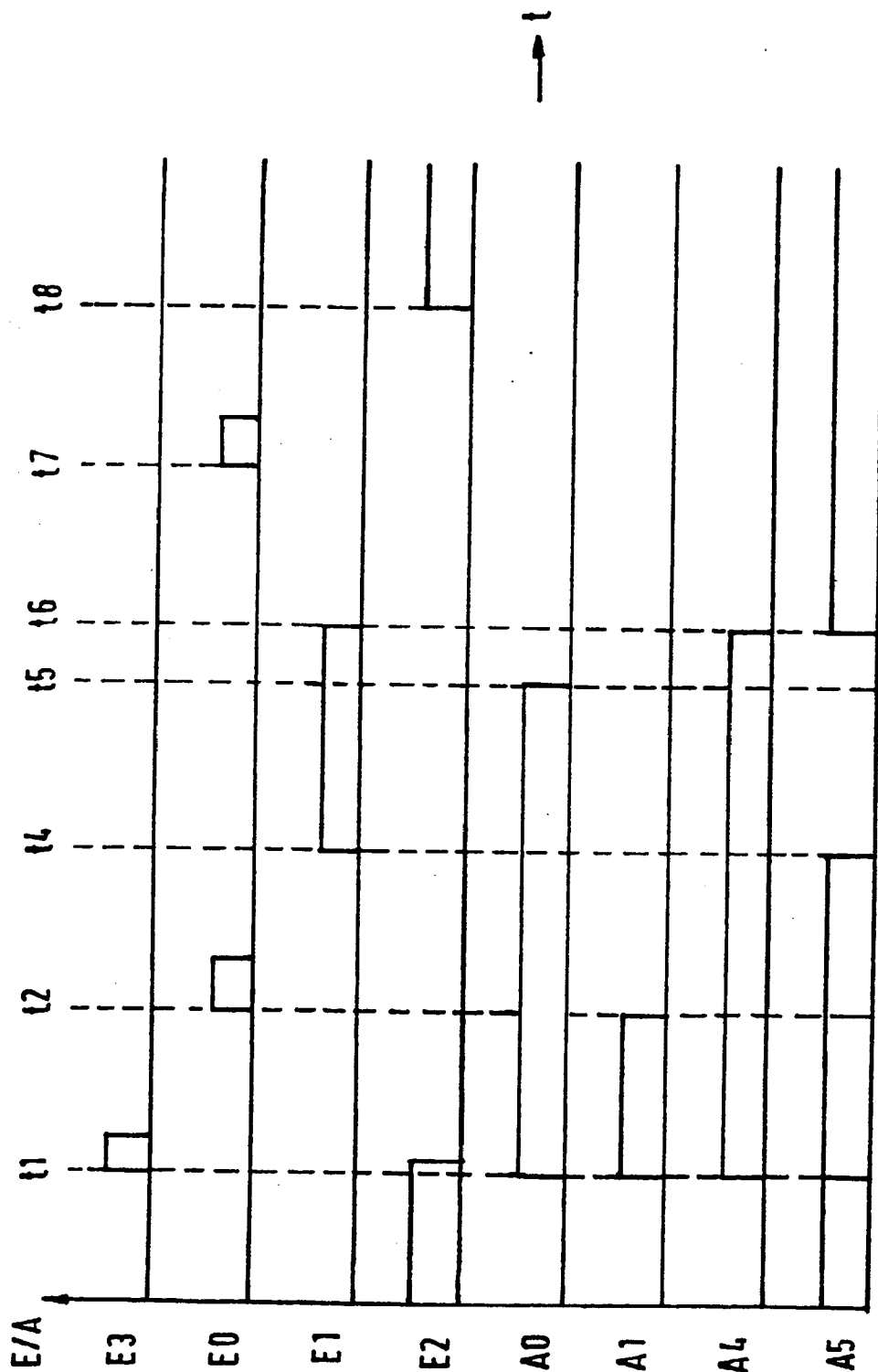


FIG. 4

2203195

--An operating Device for the Piston of a double acting Cylinder--

The present invention relates to an operating device for the piston of a double acting cylinder and more particularly but not exclusiely to such a device in which the piston rod in the form of a functional member is adapted to be brought into engagement with a
5 workpiece.

Such operating devices are used for a large number of applications. To take an example the piston rod of such a cylinder may be constructed to act as the welding electrode of a welder. Or it is possible for it to drive such an electrode. In another application,
10 the piston rod may be used as an adjustable abutment member for the manufacture of winding machines. Although in such a case it is often desirable for the piston rod to be moved very rapidly into the desired position, there is the further requirement for a gentle abutting action and then for a rapid retraction. In the case of welding for instance
15 the welding electrode should come into gentle engagement in order to reduce flying sparks and consumption of the welding electrode, then however it should be subject to an increased thrust engagement force. Breaking away from the work after the welding operation should also

take place very abruptly. If such a piston rod is used an adjustable abutment, there is again a need for motion to take place rapidly into the desired position and for there to be gentle engagement, there being a provision for fixing the piston rod in the abutting setting in order
5 to be able to withstand the high opposing forces. A further application for such operating or control devices is to be seen in steering the motion of a workhandling gripper and in the operation thereof.

Known operating devices and cylinder arrangements however do
10 not sufficiently fulfill these requirements or they are technically overcomplex and overly high in price.

One object of the present invention resides in providing an operating device of the above-noted type which makes it possible for the piston rod of a double acting cylinder to be extended very rapidly
15 into the neighborhood of the desired position where it comes into very gentle engagement with a workpiece despite the fact that the latter may not always be in exactly the same position so that some operation may then be carried out of the workpiece.

In order to achieve these or other objects in the invention an
20 operating device for the piston of a dual chamber, double acting cylinder whose piston rod in the form of a functional member is adapted to be brought into engagement with a workpiece, is characterized in that the operating device comprises a position sensor for reducing the piston speed before the engagement of the piston rod
25 takes place by changing the pressure ratio in the two cylinder chambers and furthermore a pressure-sensitive switch detecting the position of engagement by the change in pressure in at least one of the two cylinder chambers, such pressure-sensitive switch being functionally connected with a device which is adapted to carry out an operation in
30 the engagement position.

Simply by the provision of a few standard components, that is to say a cylinder provided with position sensors, a pressure-sensitive switch and some control valves it is now possible to provide a low-cost and simply constructed operating device, which attains the above aims
35 of the invention in a convincing manner. In this respect variations in

the speed of motion and of the individual settings are easily effected. There is more especially the advantage that variation in the position into which the piston rod is to be moved is possible within certain limits without any modification of the components or of the settings
5 being needed. There is still the advantage of the rapid motion into the desired setting and a gentle engagement.

The claims define further developments and improvements in the operating device as defined.

A particularly simple way of ensuring the desired gentle
10 abutment by reducing the piston velocity prior to engagement is one in which there is a first valve reducing the outlet flow cross section available for the fluid from the cylinder chamber on the piston rod side. This valve is preferably placed in one of two parallel outlet
15 adjustable choke. As a result it possible for the reduction of the velocity and thus the gentleness of engagement to be adapted in a simple manner to suit needs.

If the thrust force of the piston rod on the work is to be increased in the position of engagement, as for example will be
20 necessary if the piston rod is in the form of a welding electrode, this may be advantageously ensured by the first valve, which is in any case present and which is opened by a signal from the pressure-sensitive switch. The outlet flow resistance which is reduced as a result of this causes a greater thrust to be exerted on the workpiece.

25 If on the other hand the piston rod is to be designed in the form of a variable abutment, after gentle engagement a locking device fixing the position of engagement is put into operation, preferably by fluid power and via a second valve. Owing to the gentle engagement it is possible to move very precisely into the desired position of
30 engagement and after locking very high bearing forces are possible. Despite the slow speed of engagement it is possible to move very smartly into this adjustable position.

In order to determine the dwell time in the position of engagement and/or the duration of the working operation in the
35 engagement position it is more particularly suitable to use a timer

triggered by the signal from the pressure-sensitive switch. When its hold time has run to an end the latter may then cause reversal of the motion of the piston rod into the inward direction by actuating a third valve in the form of a two-way valve. This means that fully automated operations are possible.

For causing reversal the cylinder chamber on the piston rod side may be supplied with fluid through the third valve connecting it with a source of such fluid under a pressure whose pressure is higher than the pressure of the supply connected with the other cylinder chamber. By setting the pressures of the two sources of fluid, such sources preferably being in the form of pressure controllers able to be adjusted by an electronic controller, it is possible for the velocity of the inward motion and the force needed for disengagement from the work to be adapted to suit requirements.

It is however also possible to cause reversal by supplying the cylinder chamber on the piston rod side from a source of fluid under pressure via the third valve, a fourth valve connected with the other cylinder chamber causing a switch over from the pressure fluid supply to an outlet duct. The use of an adjustable choke on this outlet duct also provides a way of adjustably operating the inward motion.

The pressure-sensitive switch is preferably of the differential pressure type so as to respond to the pressure differential between the two cylinder chambers. As a result the switching over of the fourth valve serving for reversal may be triggered in a simple manner by means of a return signal from this pressure-sensitive switch.

In order to adjust the number of the automatically occurring strokes of the piston rod it is an advantage to provide an electronic operating device, a second reversal being respectively caused by a signal from the position sensor. Such multiple strokes are for instance necessary during a welding operation. These movements may take place in very rapid succession each time the welding electrode comes into engagement. The detachment force is in this case large every time it is required.

For operation of the valves in accordance with the sensor signals and the pressure-switch signals it preferred to provide a

freely programmed control system, more particularly in the form of a microcomputer. It may then simultaneously serve to set the hold time in the engagement position and for setting the number of automatically occurring reciprocations.

5 Two working examples of the invention will now be described with reference to the accompanying drawing in the ensuing account.

Figure 1 shows the circuit of a first working example of the invention which is suitable for performing welding operations.

10 Figure 2 is a diagram of the signals in order to explain the workings of the first example of the invention.

15 Figure 3 is a schematic of a second working example of the invention which may for instance be used as an adjustable abutment.

20 Figure 4 is a diagram of the signals produced in the second form of invention for purposes of explanation.

The first working example of the invention to be seen in figure 1 has a double-acting cylinder 10, a piston 11 and a piston rod 12 connected with same, the interior of the cylinder being divided up by the piston 11 into a cylinder chamber 13 on the piston rod side and a cylinder chamber 14 remote from the piston rod. The cylinder 10 is able to be operated by way of two connections 15 and 16 for a fluid leading to the cylinder chambers 13 and 14. The fluid is more especially a gas as in a pneumatic system or a liquid as in a hydraulic one.

A source 17 of fluid under pressure is connected via a proportional pressure regulating valve 18 with the connection 16 and via a further proportional pressure regulating valve 19 and a further, 35 3/2 way valve 20 placed in series thereto, with the connection 15. If

the valve 20 is operated, it will connect the connection 15 with a choke 21 in the form of a choke valve via which the fluid is able to be discharged through a muffler 22. The choke 21 is shunted by a valve 23, also in the form of a 3/2 way valve, when the latter is in the actuated condition.

The electronic operating device 24 has four control ports A0, A1, A2 and A3, via which the valves 20 and 23 and the proportional pressure regulating valves 19 and 18 may be operated. This electronic control device is preferably designed so that it may be freely programmed, and it is more especially in the form of a microcomputer.

Two position sensors 25 and 26 are mounted on the cylinder 10, the position sensor 25 producing a sensor signal in the retracted position of the piston 11, while the position sensor 26 is so arranged that it produces a sensor signal shortly prior to the time at which outwardly moving piston rod 12 engages a workpiece 27. The position sensors 25 and 26 are in the form of reed switches which react to the magnetic field of a magnet, not shown, or a magnetic ring secured to the piston 11. It is naturally possible for other types of position sensors to be used, as for example sensors to detect markings on the piston rod 12. These systems more especially include magnetic proximity switches. The sensor signals of the two position sensors 25 and 26 are supplied to the two control inputs E2 and E0 of the electronic operating device 24.

The fluid pressure at the connections 15 and 16 is applied to the differential pressure switch 28, which as from a given, preset pressure differential produces a control signal which is supplied to a further input E1 of the electronic operating device 24. Lastly, there is a starting switch 29 which is connected with a further control input E3 of this electronic operating device 24.

The manner of operation of the first working example of the invention to be seen in figure 1 will now be explained with reference to the signal diagram as shown in figure 2. In this diagram the signals supplied to the control inputs E0 - E3 and the control signals from the control outputs A0 - A3 are labeled accordingly. This working example of the invention is suitable for instance for use in electric

pot welding equipment, the piston rod 12 taking the form of the welding electrode or being used as a drive for such an electrode. Such an electrode has to be moved periodically very rapidly into engagement with the workpiece 27 to be welded, the work being moved past the
5 electrode for producing a plurality of spot welds thereon. Although in this case the welding motion is to be performed very quickly, a gentle engagement at reduced speed is necessary in order to reduce consumption of the electrode and the production of sparks. When the engagement position has been reached the electrode then has to be powerfully
10 thrust onto the work and then after this the electrode has to be smartly disengaged from it.

The two proportional pressure regulating valves 18 are constantly actuated via the control outputs A2 and A3 during operation so that no corresponding control signals have been marked in the
15 diagram. There is a higher pressure at the output of the proportional pressure regulating valve 19 than at the proportional pressure regulating valve 18 so that when such pressures act on the cylinder 10 the latter is held in the position indicated with the piston retracted. Via the control outputs A2 and A3 it is possible for the pressures as
20 set by the proportional pressure regulating valves 18 and 19 to be modified and to be adapted to suit the respective conditions. More particularly, the pressure differential controls the speed of retraction of the piston 11 and pressure at the proportional pressure regulating valve 18 controls the speed of extension of the piston rod
25 in cooperation with the choke 21 and the valve 23.

In response to a starting signal E3 produced by operation of the starting switch 29 at the time t1 control signals A0 and A1 are produced on the output side, such signals causing a switching over of the valves 20 and 23. Accordingly the cylinder chamber 14 receives the
30 pressure of the proportional pressure regulating valve 18 while the fluid located in the cylinder chamber 13 is able to be drained off via the valve 20 and valve 23. This leads to a very smart outward motion of the piston rod 12.

When the piston 11 reaches the position of the position sensor
35 26, which corresponds to a position of the piston rod 12 just short of

the position of engagement on the work 27, the control signal A1 is terminated by the corresponding position signal E0 so that the valve 23 closes. The fluid flowing from the cylinder chamber 13 now has to flow through the choke 21 so that owing to the increase in the resistance to discharge the speed of extension of the piston rod 12 is reduced. This reduction may be set as may be desired by varying the flow cross section of the choke 21.

At the point in time t3 the piston rod 12 will gently engage the workpiece 27 owing to its reduced speed. The pressure on the workpiece will increase until owing to the increase in the pressure differential in the cylinder chambers 13 and 14 the pressure differential switch 28 will produce an output signal E1 at the time t4. This produces a control signal A1 in the electronic operating device 24 and such signal causes the valve 23 to be opened again. This high-speed venting causes a rapid increase in the thrust of the piston rod 12 against the workpiece 27.

An internal timer within the electronic operating device 24 leads now to a hold time of T, while the piston rod is maintained in the pressed-condition, for instance in order to perform a welding operation. After this, at the time t5, the control signals A0 and A1 are turned off so that the two valves 20 and 23 are moved back into the positions as indicated. The higher pressure produced by the proportional pressure regulating valve 19 now acts in the cylinder chamber 13 so that the piston rod 12 is retracted at a high speed again until the piston reaches the position corresponding to the position sensor 26 at the time t6 and an input signal E0 is produced. This signal in turn produces a switching over of the valve 20 via a control signal A0 so that the direction of motion of the piston rod 12 is reversed again. The above-described operation will be repeated accordingly.

In the electronic operating device 24 it is possible to establish how many signals E0 are to effect a reversal of the direction of motion of the piston rod 12 in order to repeat, for instance, a welding operation or as from which signal E0 there is to be no further reversal of direction. This may be ensured by a simple

counting means. In the signal diagram as shown in figure 2 there is no reversal of the piston rod direction at the third signal E0 at the time t10, that is to say at the time t10 no signal A0 will be produced so that the piston rod 12 will moved back into the initial position as
5 shown in which a signal E2 will be produced by the position sensor 25 and this will terminate the set of movements.

In the case of the second working example of the invention shown in figure 3 identical or similar components are provided with the same references and are not described again. The same applies for the
10 inputs E and the outputs A of the electronic operating device 24. With the operating device in accordance with the second working example of the invention it is possible for adjustable abutments to be constructed, the piston rod 12 in this case taking the form of an abutment member. In this case as well there is firstly a rapid motion
15 to a point just short of the abutment position and after this there is a gentle engagement on the latter with a reduced speed. The position of abutment is then locked and may serve as an opposing abutment for larger forces. Owing to the gentle abutment a preset position may be precisely moved into and sensed.

20 Amplifying the first embodiment of the invention the piston 11 is in this case provided with a terminal position damping device able to be adjusted on both sides. Furthermore, there is a locking device 30 for the piston rod 12, in the case of which in the non-actuated condition braking and frictional surfaces are thrust against the piston
25 rod 12. By way of a connection 31 such locking may be overcome by fluid under pressure acting against the spring force.

Omitting the proportional pressure valves 18a and 19 in the present case the pressure fluid supply 17 is connected directly via the valve 20 with the cylinder chamber 13 and is connected with the
30 cylinder chamber 14 via a valve 32, also in the form of a 3/2 way valve in its actuated condition. In the non-actuated condition of this valve 32 the cylinder chamber 14 is connected via a choke 33, designed in the form of an adjustable choke valve with a muffler 34 opening into a discharge pipe.

35 The pressurized fluid supply 17 is furthermore connected via a

further valve 35, having the form of a 3/2 way valve, with the connection 31, this valve 35 connecting when actuated the connection 31 with a muffler 36 opening into a discharge duct.

Lastly the valve 23 is connected in series with a further choke
5 37 in the form of an adjustable choke 37.

The manner of operation of the second working embodiment of the invention as shown in figure 3 will now be described with reference to the schematic shown in figure 4. A starting signal from the starting switch 29 causes operating signals A0, A1 and A4 to appear at the
10 output of the electronic operating device 24 so that the valves 20, 23 and 32 are actuated with the result that the pressure fluid supply 17 is disconnected from the cylinder chamber 13 and coupled with the cylinder chamber 14, while the fluid in the cylinder chamber 13 is able to rapidly discharge via the parallel-connected chokes 21 and 37. The
15 piston rod 12 is thus moved outwards at a high speed.

At the time t5 the piston will reach the position sensor 26 just before the piston rod 12 reaches its abutment position. In response to the signal E0 from the positional sensor 26 the control signal A1 for the valve 23 will be terminated. The valve closes so
20 that the fluid leaving the cylinder chamber 13 will only be able to be discharged via the choke 21, the increase in the resistance to flow reducing the speed of the piston rod 12.

The engagement on the workpiece 27 takes place as was the case with the first working example of the invention, that is to say at the
25 point in time t4 the differential pressure switch 28 will produce a signal E1, by which the control signal A5 for the valve 35 will be terminated. As result fluid may discharge from the locking device 30 so that the latter locks the piston rod 12 in the engagement setting.

After a fixed hold time as set in the electronic control device
30 24 the control signal A0 for the valve 20 is terminated at the time t5 so that the latter causes the cylinder chamber 13 to be reconnected with the supply 17 of fluid under pressure. This causes a build-up of pressure in the cylinder chamber 13 so that after a certain time the pressure differential switch 28 will open at the time t6. The end of
35 the corresponding signal E1 causes the end of the control signal A4 and

the start of the control signal A5. As a result the fluid in the cylinder chamber 14 is able to discharge through the choke 13 and the locking device 30 is put out of action owing to the pressure acting on it. The piston rod 12 is accordingly very rapidly moved inwards in
5 accordance with the setting of the choke 33.

When the piston 11 reaches the position of the position sensor 26 it is possible for the correspondingly produced signal E0 to cause a reversal of the direction of motion of the piston rod, as was explained in connection with the first embodiment of the invention. In the case
10 here illustrated however no reversal is desired so that the piston rod moves inwards again as far as its abutting position and when it reaches it at the time t8 a signal is produced by the position sensor 25, this preventing any further motion.

CLAIMS

1 An operating device for the piston of a dual chamber, double acting cylinder whose piston rod in the form of a functional member is adapted to be brought into engagement with a workpiece, said operating device comprising a position sensor for reducing the piston speed before the engagement of the piston rod takes place by changing the pressure ratio in the two cylinder chambers and furthermore a pressure-sensitive switch detecting the position of engagement by the change in pressure in at least one of the two cylinder chambers, such pressure-sensitive switch being functionally connected with a device which is adapted to carry out an operation in the engagement position.

2 The operating device as claimed in claim 1 wherein said position sensor is in the form of a magnetic sensor mounted on said cylinder and adapted to respond magnetically to said piston.

3 An operating device as claimed in claim 1 or claim 2 comprising a first valve adapted to reduce the cross section of a duct for fluid leaving the cylinder chamber adjacent to said piston rod and to reduce the speed of the piston.

4 An operating device as claimed in claim 3 comprising two parallel outlet ducts, and a choke in one such duct while the first valve is placed in the other such parallel duct.

5 An operating device as claimed in any one preceding claim wherein said device for performing an operation in the position of abutment is in the form of a device adapted to increase the thrust of the piston rod on the workpiece.

6 An operating device as claimed in claim 5 wherein the device increasing the thrust includes a first valve adapted to be opened in response to a signal from the pressure-sensitive switch.

7 An operating device as claimed in any one of the claims 1 through 4 wherein the device performing an operation in the position of abutment includes a locking device adapted to lock the piston rod in the engagement position.

8 An operating device as claimed in claim 7 comprising a second valve adapted to cause operation of said locking device by fluid power.

9 An operating device as claimed in claim 8 wherein said locking device includes at least one means with a braking and gripping surface and spring means for operation thereof, said fluid power being arranged to act against said spring means.

10 An operating device as claimed in any one preceding claim comprising a timer arranged to be triggered by a signal from the pressure-sensitive switch in order to determine the time in the engagement position.

11 An operating device as claimed in claim 10 comprising a third valve adapted to function as a two-way valve able to be switched over by the timer after the expiry of its hold time in order to cause motion of the piston rod in the inward direction.

12 An operating device as claimed in claim 11 wherein the third valve is arranged to be acted upon by fluid under pressure for switching over the cylinder chamber adjacent to the piston rod, the pressure of such fluid being higher than the pressure of a fluid supply connected with the other cylinder chamber.

13 An operating device as claimed in claim 12 comprising means for adjustment of the pressures of the two fluid supplies.

14 An operating device as claimed in claim 13 wherein said fluid supplies each include a pressure regulator able to be set by

means of an electronic controlling device.

15 An operating device as claimed in claim 11 wherein said third valve for switching over the cylinder chamber adjacent to the piston rod is connected with a supply of fluid under pressure for acting thereon, said operating device further comprising a fourth valve connected with the other cylinder chamber and serving for switching over from the supply of fluid under pressure to a discharge duct for reversing the direction of motion of the piston.

16 An operating device as claimed in any one of the preceding claims wherein the pressure-sensitive switch takes the form of a pressure differential switch responsive to the pressure differential between the two cylinder chambers.

17 An operating device as claimed in claim 15 and in claim 16 wherein the switching over to the fourth valve serving for reversal of motion is arranged to be triggered by a return signal of the pressure-sensitive switch.

18 An operating device as claimed in any one preceding claim comprising an electronic control device able to set a number of automatic reciprocations of the piston rod, a second reversal of motion being arranged to be triggered by a signal from the position sensor.

19 An operating device as claimed in any one preceding claim comprising a second position sensor adapted to respond to a withdrawn setting of the piston rod and to produce an output signal to cause the end of piston motion.

20 An operating device as claimed in any one preceding claim comprising a freely programmable control device for operation of the valves in response to the sensor signals and the pressure-sensitive switch signals.

21 An operating device as claimed in Claim 2 wherein said sensor is adapted to respond to a magnet connected with the piston, wherein said operating device includes a first valve for retarding said piston, said valve being placed in one of two parallel ducts, the other of said ducts having an adjustable choke placed therein, and said operating device further comprises a timer to determine the duration of an operation carried out by said piston rod, and furthermore a microcomputer as a freely programmable controlling device responding to the signals from the sensor and the pressure-sensitive switch.

22 An operating device substantially as described hereinbefore with reference to figures 1 and 2 of the accompanying drawings.

23 An operating device substantially as described hereinbefore with reference to figures 3 and 4 of the accompanying drawings.

24 Any novel subject matter or combination including novel subject matter herein disclosed in the foregoing Specification or Claims and/or shown in the drawings, whether or not within the scope of or relating to the same invention as any of the preceding Claims.



②① Aktenzeichen: 101 22 297.1-14
②② Anmeldetag: 8. 5. 2001
④③ Offenlegungstag: -
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 27. 6. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
FESTO AG & Co., 73734 Esslingen, DE

⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Magenbauer, Reimold, Vetter &
Abel, 73730 Esslingen

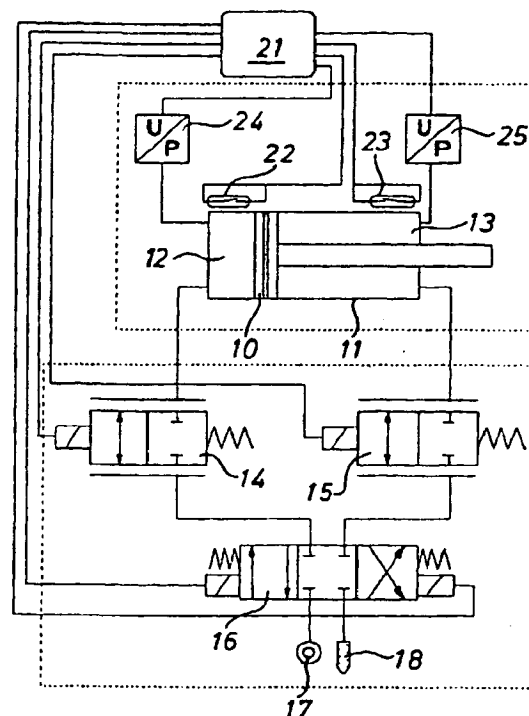
⑦② Erfinder:
Ohmer, Michael, 73240 Wendlingen, DE; Risle,
Andreas, 73734 Esslingen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 198 01 338 C1
DE 43 39 444 A1
DE 37 08 989 A1
US 56 15 593 A

⑤④ Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder verschiebbaren Kolbens in einer Anschlagposition

⑤⑦ Es wird eine Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder (11) verschiebbaren Kolbens (10) in einer Anschlagposition vorgeschlagen. An einer elektronischen Steuereinrichtung (21) sind hierzu Sensormittel (22, 23) zur Erfassung wenigstens einer einen Abbremsvorgang vor Erreichen der Anschlagposition auslösenden Auslöseposition sowie eine erste und zweite Proportionalventilanordnung (14, 15) zur Steuerung der Fluidzufuhr und -abfuhr in den beiden Zylinderkammern (12, 13) zu beiden Seiten des Kolbens (10) angeschlossen. Die Steuereinrichtung (21) ist zur Durchführung eines zweiphasigen Annäherungsvorgangs an die Anschlagposition ausgebildet, bei dem in der ersten Phase bei Erreichen der Auslöseposition beide Proportionalventilanordnungen (14, 15) in Drosselstellungen bringbar sind und bei dem in der zweiten vor Beginn einer Druckabsenkung in der das Fluid abgebenden Zylinderkammer (13) beginnenden Phase ein festlegbarer, eine Kriechbewegung des Kolbens (10) bewirkender Differenzdruck zwischen den beiden Zylinderkammern (12, 13) einstellbar ist. Mit dieser Vorrichtung können unter Verwendung einfacher Sensoren und einer einfachen Steuerung auch bei schwierigen Betriebsbedingungen sanfte Abbremsvorgänge unter Vermeidung der Gefahr eines Rückschwingens realisiert werden.



[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder verschiebbaren Kolbens in einer Anschlagposition, mit an einer elektronischen Steuereinrichtung angeschlossenen Sensormitteln zur Erfassung wenigstens einer einen Abbremsvorgang vor Erreichen der Anschlagposition auslösenden Auslöseposition, und mit einer an der Steuereinrichtung angeschlossenen ersten und zweiten Proportionalventilanordnung zur Steuerung der Fluidzufuhr und -abfuhr in den beiden Zylinderkammern zu beiden Seiten des Kolbens.

[0002] Bei einer derartigen, aus der DE 37 08 989 A1 bekannten Vorrichtung wird zum exakten und sicheren Anfahren der Anschlagposition ein Druckregler benötigt, der jedoch technisch und kostenmäßig aufwendig ist. Weiterhin ist eine derartige Vorrichtung aus der DE 198 01 338 C1 bekannt, bei der eine Positions- und Geschwindigkeitsregel-einrichtung zum sicheren Anfahren der Anschlagpositionen verwendet wird. Neben der aufwendigen Regeleinrichtung ist hierzu eine kontinuierliche Positionserfassung und ein entsprechend aufwendiges Wegmesssystem erforderlich.

[0003] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung zu schaffen, bei der ein sicheres und rückfederungsfreies Anfahren einer Anschlagposition mit einer einfachen Steuerung und einfachen und kostengünstigen Positionssensoren möglich ist.

[0004] Diese Aufgabe wird in Zusammenhang mit den Oberbegriffsmerkmalen des Patentanspruchs 1 in Zusammensetzung mit den Oberbegriffsmerkmalen des Patentanspruchs 1 dadurch gelöst, dass die Steuereinrichtung zur Durchführung eines zweiphasigen Annäherungsvorgangs an die Anschlagposition ausgebildet ist, bei dem in der ersten Phase bei Erreichen der Auslöseposition beide Proportionalventilanordnungen in Drosselstellungen bringbar sind und bei dem in der zweiten, vor Beginn einer Druckabsenkung in der das Fluid abgebenden Zylinderkammer beginnenden Phase ein festlegbarer, eine Kriechbewegung des Kolbens bewirkender Differenzdruck zwischen den beiden Zylinderkammern einstellbar ist.

[0005] Obwohl die erfindungsgemäße Vorrichtung auf einer einfachen Steuerung unter Verzicht auf eine Regelung basiert, ist ein schnelles und sicheres Anfahren der Anschlagposition ohne Gefahr von Rückschwingern gewährleistet, selbst bei Schwankungen der Betriebsbedingungen und Arbeitsverhältnisse. Dabei ist kein aufwendiges Wegmesssystem erforderlich, sondern ein einfacher Positionssensor ist ausreichend zur Auslösung der ersten Phase des Abbremsvorgangs. Durch die Umschaltung auf einen festlegbaren Differenzdruck in der zweiten Phase ist ein sicheres Anfahren der Anschlagposition möglich, wobei der Beginn der zweiten Phase in vorteilhafter Weise schon vor Beginn einer Druckabsenkung in der das Fluid abgebenden Zylinderkammer eingeleitet wird, um Rückschwinger auf Grund der Trägheit des Systems sicher zu verhindern.

[0006] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Vorrichtung möglich.

[0007] Beide Proportionalventilanordnungen weisen in der ersten Phase des Abbremsvorgangs vorzugsweise im Wesentlichen gleiche Drosselstellungen auf, die einfach realisierbar sind.

[0008] Der Beginn der zweiten Phase des Abbremsvorgangs wird in vorteilhafter Weise durch Bildung der ersten und vorzugsweise auch der zweiten zeitlichen Ableitung des Druckverlaufs in der das Fluid abgebenden Zylinderkammer

erfasst, wobei ein festlegbarer Zeitpunkt vor dem Nulldurchgang der ersten Ableitung oder ein festlegbarer Zeitpunkt nach dem Nulldurchgang der zweiten Ableitung den Beginn der zweiten Phase bestimmt. Vorzugsweise kann eine vorgebbare Absenkung des Verlaufs der ersten Ableitung nach dem Nulldurchgang der zweiten Ableitung den festlegbaren Zeitpunkt bilden. Diese mathematische Festlegung des Beginns der zweiten Phase durch einfache Druck-erfassung kann elektronisch einfach und kostengünstig realisiert werden.

[0009] Um die Kriechbewegung in der zweiten Phase optimal einstellen zu können, ist die Steuereinrichtung in einer vorteilhaften Ausgestaltung zur Erfassung des vorgebbaren Differenzdrucks der zweiten Phase in einem Lernvorgang ausgebildet, bei dem die Kriechbewegung des Kolbens vorzugsweise in den beiden Bewegungsrichtungen einstellbar ist.

[0010] Die Steuereinrichtung ist zweckmäßigerweise für den Bewegungsvorgang vor Erreichen der ersten Phase zur Einstellung der ersten Proportionalventilanordnung als Zufuhrventil und der zweiten Proportionalventilanordnung als Abluftdrossel ausgebildet, so dass die Kolbengeschwindigkeit optimal in der gewünschten Weise eingestellt werden kann.

[0011] In einer zweckmäßigen Ausgestaltung sind die beiden Proportionalventilanordnungen entweder durch zwei 3/3-Servoventile oder durch zwei 2/2-Servoventile in Verbindung mit einem 4/3- oder 4/2-Wegeschaltventil gebildet.

[0012] Jede Zylinderkammer ist mit einem Drucksensor versehen oder verbunden, um die erforderlichen Ableitungen des Druckverlaufs aus den entsprechenden Sensorsignalen bilden zu können.

[0013] Um bei der Bewegung vor Erreichen des Abbremsvorgangs ruckartige Bewegungen zu vermeiden und beispielsweise einen sanften Anlauf realisieren zu können, besitzt die Steuereinrichtung in vorteilhafter Weise Mittel zur gesteuerten Bewegung des Kolbens in Abhängigkeit vorgegebener Bewegungsfunktionen, insbesondere Rampenfunktionen.

[0014] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Positioniervorrichtung mit zwei 2/2-Servoventilen und einem 4/3-Wegeschaltventil.

[0016] Fig. 2 eine abgewandelte Version in einer Teilansicht mit zwei 3/3-Servoventilen.

[0017] Fig. 3 ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Wirkungsweise.

[0018] Fig. 4 ein entsprechendes Signaldiagramm zur Erläuterung der Wirkungsweise und

[0019] Fig. 5 ein Diagramm zur Erläuterung des Beginns der zweiten Phase des Abbremsvorgangs.

[0020] Bei dem in Fig. 1 als Blockschaltbild dargestellten Ausführungsbeispiel ist ein Kolben 10 in einem doppeltwirkenden Zylinder 11 verschiebbar angeordnet. Durch den Kolben 10 wird der Innenraum des Zylinders 11 in eine erste Zylinderkammer 12 und eine zweite Zylinderkammer 13 aufgeteilt. Zur Bewegung des Kolbens 10 ist die erste Zylinderkammer 12 über ein als Proportionalventil ausgebildetes 2/2-Servoventil 14 und die zweite Zylinderkammer 13 über ein gleichartiges 2/2-Servoventil 15 mit einem 4/3-Wegeschaltventil 16 verbunden, durch das die beiden Zylinderkammern 12, 13 entweder gesperrt oder alternativ mit einer fluidischen Druckquelle 17 bzw. einem Abluftstrang 18 verbunden werden können. In einer einfacheren Version kann anstelle des 4/3-Wegeschaltventils 16 auch ein 4/2-Wegeschaltventil treten. Die in Fig. 1 dargestellte Ventilanord-

nung 14 bis 16 kann auch durch die in Fig. 2 dargestellte Ventilanordnung ersetzt werden, die aus zwei als Proportionalventile ausgebildeten 3/3-Servoventilen 19, 20 besteht, über die wiederum die beiden Zylinderkammern 12, 13 alternativ mit der fluidischen Druckquelle 17 bzw. dem Abluftstrang 18 verbindbar sind.

[0021] Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf lineare Antriebe beschränkt, sondern ist in gleicher Weise auch auf rotative Antriebe, jeweils mit oder ohne Kolbenstange, anwendbar. Der fluidische Antrieb kann dabei pneumatisch oder hydraulisch erfolgen.

[0022] Die Ventile 14 bis 16 oder alternativ die Ventile 19, 20 werden durch eine elektronische Steuereinrichtung 21 gesteuert. Dieser werden eingangsseitig die Signale zweier Näherungsschalter 22, 23 zugeführt, die jeweils eine bestimmte Wegstrecke vor den beiden Endanschlagpositionen des Kolbens 10 angeordnet sind und ein Steuersignal erzeugen, wenn der Kolben die jeweilige Position dieser Näherungsschalter 22, 23 erreicht, die jeweils als Auslöseposition für die Einleitung des Abbremsvorgangs des Kolbens 10 dient, um diesen sanft an die jeweilige Anschlagposition heranzuführen. Dies wird später noch genauer erläutert. Die Näherungsschalter sind im Ausführungsbeispiel als Reed-Schalter dargestellt, jedoch können selbstverständlich auch andere magnetisch, elektrisch, elektromagnetisch, mechanisch oder optisch arbeitende Positionssensoren verwendet werden.

[0023] Anstelle von Näherungsschaltern bzw. Positionssensoren können prinzipiell auch Kurzwegmesssysteme an den Zylinder-Endbereichen vorgesehen sein, oder ein komplettes Wegmesssystem wird eingesetzt. Dieses ist allerdings nur dann erforderlich, wenn eine Bewegungssteuerung oder -regelung für den Kolben vorgesehen ist. Für die gedämpfte Positionierung in der Anschlagposition sind derartige Wegmesssysteme nicht erforderlich und werden nur dann eingesetzt, wenn sie ohnehin vorhanden sind.

[0024] Die beiden Zylinderkammern 12, 13 sind weiterhin mit zwei Drucksensoren 24, 25 zur Erfassung des jeweiligen Kammerdrucks verbunden, wobei diese Drucksensoren 24, 25 selbstverständlich auch im Zylinder 11 integriert sein können. Ein druckabhängiges Spannungssignal wird jeweils der elektronischen Steuereinrichtung 21 zugeführt.

[0025] In der Warteposition 26 gemäß Fig. 3 sind beide Servoventile 14, 15 (V1 bzw. V2) geöffnet (1), und das Wegeschaltventil 16 ist so eingestellt, dass die zweite Zylinderkammer 13 mit der fluidischen Druckquelle 17 und die erste Zylinderkammer 12 mit dem Abluftstrang 18 verbunden ist. Kommt nun ein Startsignal S1 zur Einleitung einer Kolbenbewegung nach rechts, so wird das Wegeschaltventil 16 umgesteuert, das Servoventil 14 ist als Zuluftventil ganz geöffnet, und das Servoventil 15 dient als Abluftdrossel und ist teilweise geschlossen. Diese Bewegungsstellung 27 wird während der Bewegungsphase aus A von links nach rechts zunächst beibehalten. Die Stellung des ersten Servoventils 14 ist dabei durch eine gestrichelte Linie und die Stellung des zweiten Servoventils 15 als dünne, durchgezogene Linie dargestellt. Gemäß Fig. 4 ist das Servoventil 15 in der Abluftdrosselstellung halb geschlossen.

[0026] Erreicht der Kolben 10 den rechten Näherungsschalter 23, so erzeugt dieser zum Zeitpunkt t1 ein Schaltsignal S2, das den Bremsvorgang einleitet. Hierzu wird das Servoventil 15 (V2) nahezu ganz geschlossen und dient nun als Dämpfungsdrossel. Auch das Servoventil 14 wird in die gleiche oder eine ähnliche Dämpfungsstellung gebracht. Infolge der Systemträgheit beginnt die Kolbengeschwindigkeit nun in dieser ersten Bremsphase B1 nach einer gewissen Verzögerung abzunehmen. Die erste Bremsstellung 28 wird nun während der ersten Bremsphase B1 beibehalten.

[0027] Zum Zeitpunkt t2 ist die erste Bremsphase B1 abgeschlossen, und die zweite Bremsphase B2 beginnt. Die zweite Bremsphase B2 beginnt kurz bevor der zunächst noch ansteigende Druck $p(t)$ sein Maximum erreicht und dann wieder abzunehmen beginnt. Die Umschaltung kann nämlich nicht erst bei Erreichen des Druckmaximums, also dem Nulldurchgang der ersten Ableitung $p'(t)$ erfolgen, sondern muss auf Grund der Systemverzugszeiten früher einsetzen. Als reproduzierbarer Schaltzeitpunkt bietet sich der Wendepunkt der Druckanstiegskurve an, der dem Maximum der ersten Ableitung $p'(t)$ bzw. dem Nulldurchgang der zweiten Ableitung $p''(t)$ entspricht. Soll nicht dieser reproduzierbare Schaltzeitpunkt als Beginn der zweiten Bremsphase B2 genommen werden, sondern ein späterer Schaltzeitpunkt, so kann beispielsweise eine bestimmte prozentuale Abschwächung des Maximums der ersten Ableitung p' von t als Schaltzeitpunkt festgelegt werden. In Fig. 5 ist eine 25%ige Abschwächung als Schaltzeitpunkt eingezeichnet, so dass der Schaltzeitpunkt zwischen dem Wendepunkt der Druckanstiegskurve $p(t)$ und deren Maximum liegt. Da ein vom Druck in der zweiten Zylinderkammer abhängiges Spannungssignal durch den Drucksensor 25 erfasst wird, kann der Beginn der zweiten Bremsphase B2 in der Steuereinrichtung 21 gemäß den vorstehenden Ausführungen bzw. gemäß Fig. 2 errechnet werden. Andere alternative Möglichkeiten zur Berechnung eines Zeitpunkts kurz vor Erreichen des Druckmaximums sind selbstverständlich ebenfalls denkbar. Die Wahl dieses Schaltzeitpunkts hängt hauptsächlich von der Dynamik und dem Durchfluss des Ventils sowie den Mess- und Auswertverzugszeiten ab. Dementsprechend muss der Schaltzeitpunkt von den verfügbaren Komponenten abhängig gemacht werden.

[0028] Ist dieser errechnete Schaltzeitpunkt S3 somit erreicht, so verbleibt das Servoventil 14 in seiner Drosselstellung, und es wird auf eine Differenzdruckanpassung umgeschaltet, das heißt, durch das Servoventil 15 wird der Druck in der zweiten Zylinderkammer 13 so weit abgesenkt, dass sich ein Differenzdruckniveau zwischen den Zylinderkammern 12, 13 einstellt, das zu einer langsamen Kriechbewegung des Kolbens führt. Diese zweite Bremsstellung 29 der Servoventile 14, 15 wird bis zum Erreichen der rechten Anschlagposition A2 zum Zeitpunkt t3 beibehalten. Das Erreichen der Anschlagposition A2 kann beispielsweise über eine Druckabsenkung in der zweiten Zylinderkammer bzw. einer plötzlich einsetzenden Veränderung des Differenzdrucks detektiert werden. Nun erfolgt wiederum eine Umschaltung in eine Warteposition 30, in der beide Servoventile 14, 15 ganz geöffnet sind, wobei durch Umschalten des Wegeschaltventils 16 der Kolben 10 in der rechten Anschlagposition gehalten wird.

[0029] Die Ventileinstellungen der Servoventile 14, 15 für die zweite Bremsphase B2 werden durch eine so genannte Identifikationsfahrt im Lernmodus eingestellt und die entsprechenden Werte in der Steuereinrichtung 21 gespeichert. Der Kolben 10 wird dabei bei geringer Ab- und Zuluft-Drosselstellung der Servoventile 14, 15 in einer Langsamfahrt von Endlage zu Endlage bewegt. Über eine gewisse Strecke vor der Endlage wird der Differenzdruck zwischen den Zylinderkammern ermittelt, mit dem sich der Kolben gerade langsam und ohne Beschleunigungsanteile vorwärtsbewegt. Dieser Wert wird für beide Bewegungsrichtungen mit der entsprechenden Massenlast aufgenommen. Damit lassen sich die Einflüsse, wie ungleiche Kolbenflächen, Reibung, Einbaulage und Versorgungsdruck, ohne explizite Kenntnis dieser Größen berücksichtigen.

[0030] Zur Optimierung des Bewegungsablaufs des Kolbens 10 vor dem gedämpften zweiphasigen Annäherungsvorgang an die Anschlagpositionen kann eine Bewegungs-

steuerung vorgesehen werden, bei der die beiden Servoventile 14, 15 anstelle einer konstanten Einstellung über entsprechend vorberechnete Ventilsteuergrößen zur Erzielung eines definierten Bewegungsablaufs angesteuert werden. Die Beschleunigungen bzw. Verzögerungen und die Maximalgeschwindigkeit des Kolbens 10 sind Angaben, die als Wunschgrößen vom Anwender eingegeben werden müssen. Zur Generierung eines gewünschten Bewegungsprofils bietet sich ein Analogbahngenerator an, wie er beispielsweise in dem Artikel von Otto Föllinger, "Regelungstechnik", 8. Auflage, S. 303, "Steilheitsbegrenzer zweiter Ordnung", beschrieben ist. Für einen sanften Anlauf ist die Vorgabe der Zielposition als Sprungfunktion nicht wünschenswert, zumal sich eine echte blockförmige Beschleunigung physikalisch nicht realisieren lässt. Wird statt eines Sprungs eine Rampe mit Steigung der gewünschten Maximalgeschwindigkeit und Endwert der Sollposition vorgegeben, kann dieser Effekt abgemildert werden, ohne all zu große Einbußen in der Dynamik des Systems zu erhalten.

[0031] Um der Bahnvorgabe im offenen Kreis, also gesteuert und nicht geregelt, folgen zu können, muss die Ventilsteuerung bereits in der richtigen Größe ausgegeben werden. Dies erfordert eine genaue Vorberechnung des Streckenverhaltens. Zur Vorberechnung müssen viele Systemgrößen bekannt sein. Eine detaillierte Kenntnis der am Systemverhalten beteiligten Größen ist für die angedachte Bandbreite der Antriebe nicht ohne Weiteres zu erlangen und deren manuelle Eingabe wahrscheinlich nicht zumutbar. Mit der Verfügbarkeit von Druck- und Positionssignalen besteht die Möglichkeit einer ausführlichen Systemidentifikation. Über eine entsprechend ausgelegte Identifikationsroutine kann ein Großteil der erforderlichen Kerndaten automatisch ermittelt werden. Für die Inbetriebnahme blieben allenfalls noch einfache geometrische Daten, zum Beispiel der Zylinderdurchmesser und -typ.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder verschiebbaren Kolbens in einer Anschlagposition, mit an einer elektronischen Steuereinrichtung angeschlossenen Sensormitteln zur Erfassung wenigstens einer einen Abbremsvorgang vor Erreichen der Anschlagposition auslösenden Auslöseposition, und mit einer an der Steuereinrichtung angeschlossenen ersten und zweiten Proportionalventilanordnung zur Steuerung der Fluidzufuhr und -abfuhr in den beiden Zylinderkammern zu beiden Seiten des Kolbens, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (21) zur Durchführung eines zweiphasigen Annäherungsvorgangs an die Anschlagposition ausgebildet ist, bei dem in der ersten Phase bei Erreichen der Auslöseposition beide Proportionalventilanordnungen (14, 15; 19, 20) in Drosselstellungen bringbar sind und bei dem in der zweiten vor Beginn einer Druckabsenkung in der das Fluid abgebenden Zylinderkammer (13) beginnenden Phase ein festlegbarer, eine Kriechbewegung des Kolbens (10) bewirkender Differenzdruck zwischen den beiden Zylinderkammern (12, 13) einstellbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beide Proportionalventilanordnungen (14, 15; 19, 20) in der ersten Phase im wesentlichen gleiche Drosselstellungen aufweisen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (21) Mittel zur Bildung der ersten und vorzugsweise auch der zweiten zeitlichen Ableitung des Druckverlaufs in der

- das Fluid abgebenden Zylinderkammer (13) besitzt, wobei ein festlegbarer Zeitpunkt vor dem Nulldurchgang des ersten Ableitung oder ein festlegbarer Zeitpunkt nach dem Nulldurchgang der zweiten Ableitung den Beginn der zweiten Phase bildet.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine vorgebbare Absenkung des Verlaufs der ersten Ableitung nach dem Nulldurchgang der zweiten Ableitung den festlegbaren Zeitpunkt bildet.
 5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (21) zur Erfassung des vorgebbaren Differenzdrucks der zweiten Phase in einem Lernvorgang ausgebildet ist, bei dem die Kriechbewegung des Kolbens (10) vorzugsweise in den beiden Bewegungsrichtungen einstellbar ist.
 6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (21) für den Bewegungsvorgang vor Erreichen der ersten Phase zur Einstellung der ersten Proportionalventilanordnung (14; 19) als Zuluftventil und der zweiten Proportionalventilanordnung (15; 20) als Abluftdrossel ausgebildet ist.
 7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Proportionalventilanordnungen (19, 20) durch zwei 3/3-Servoventile gebildet werden.
 8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Proportionalventilanordnungen (14, 15) durch zwei 2/2-Servoventile in Verbindung mit einem 4/3- oder 4/2-Wegschaltventil gebildet werden.
 9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Sensormittel (22, 23) Näherungsschalter oder Kurzwegmesssysteme oder ein Wegmesssystem vorgesehen sind.
 10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede Zylinderkammer (12, 13) mit einem Drucksensor (24, 25) versehen oder verbunden ist.
 11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (21) Mittel zur gesteuerten Bewegung des Kolbens (10) vor Erreichen der Auslöseposition in Abhängigkeit vorgebbarer Bewegungsfunktionen, insbesondere Rampenfunktionen, besitzt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

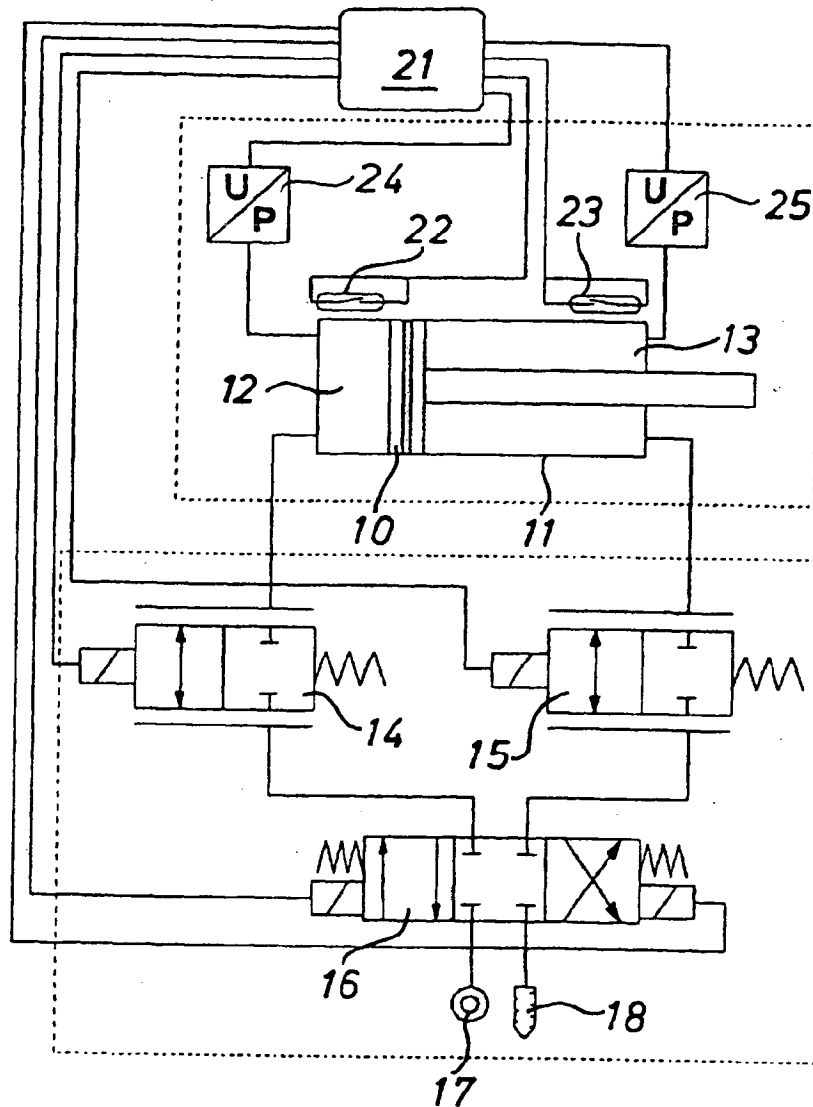


Fig. 1

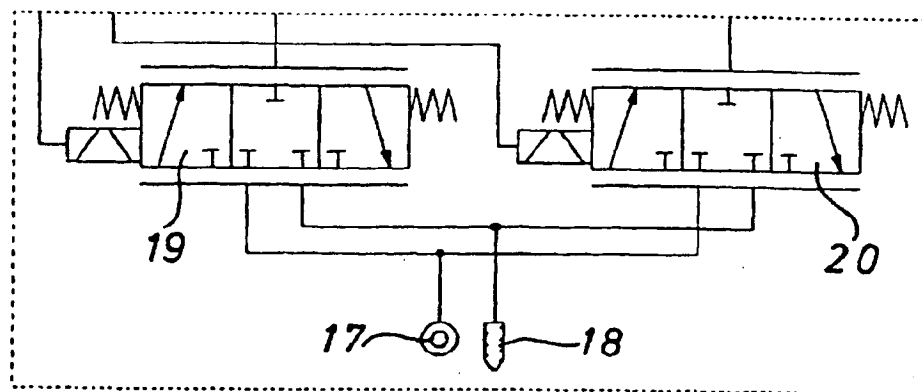


Fig. 2

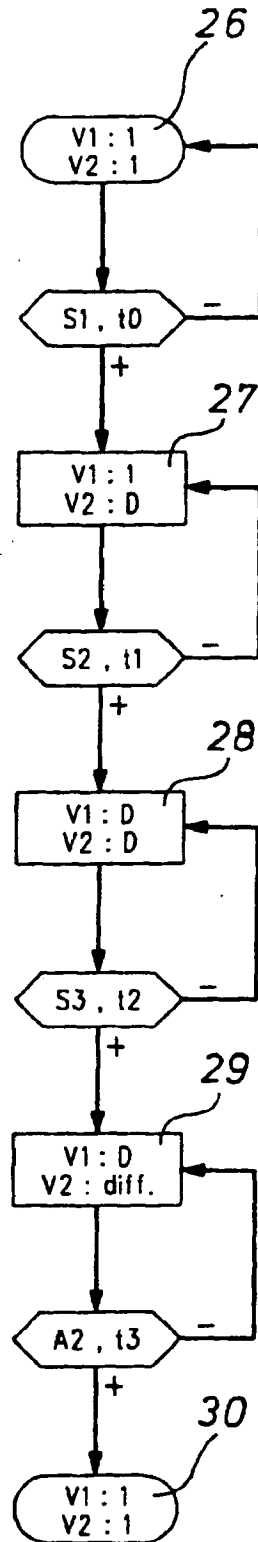


Fig. 3

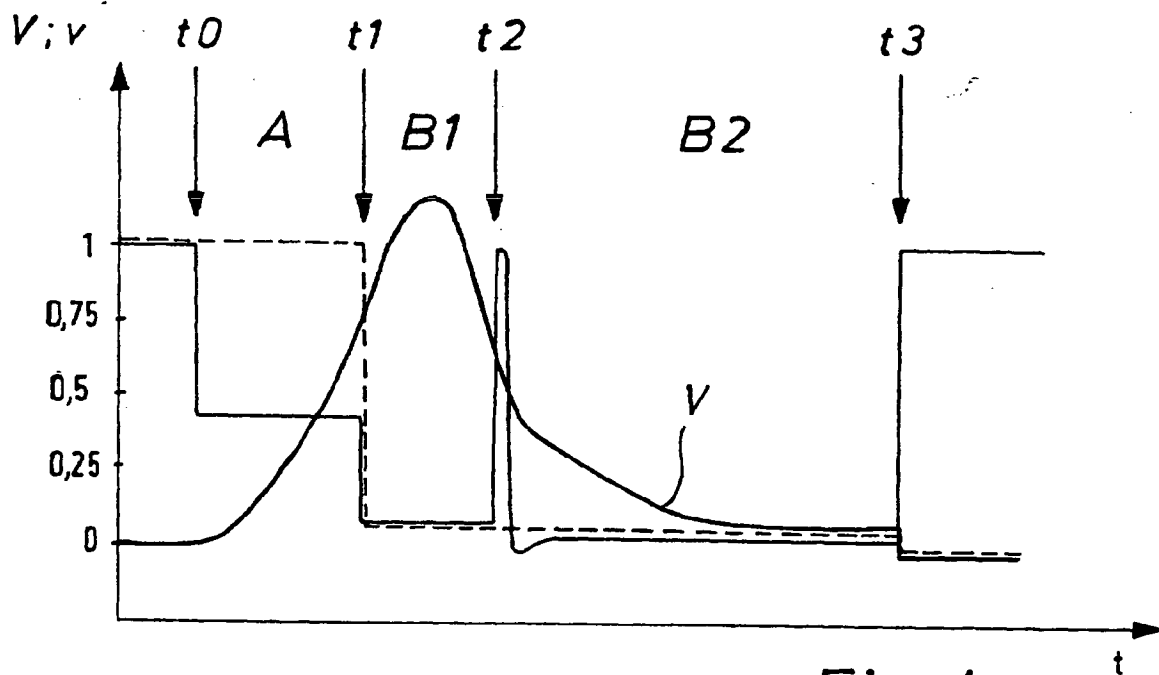


Fig. 4

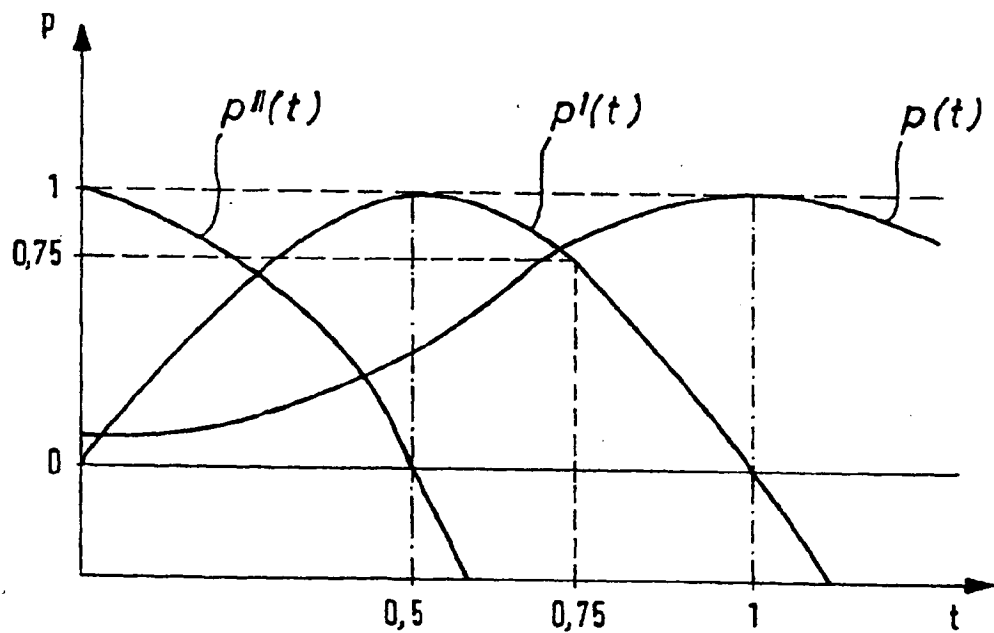


Fig. 5